

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Направление подготовки/профиль 03.06.01 Физика и астрономия / Физика
конденсированного состояния

Школа ИШФВП ТПУ

Отделение Экспериментальной физики

Научно-квалификационная работа

Тема научно-квалификационной работы	
«Разработка и модификация детекторов ионизирующего излучения на основе поликристаллического алмаза для измерения светимости и отклонений пучка на Большом Адронном Коллайдере CERN»	
УДК 539.1.074:539.126.17	

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
A6-08	Охотников Виталий Владимирович		03/04/2020

Руководителя профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор-консультант отделения экспериментальной физики ИЯТШ	Чернов И.П.	Д.ф.м.н., профессор		

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий лабораторией НПЛ ИПЭПТ	Ремнев Г.Е.	Д.ф.м.н., профессор		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший научный сотрудник	Линник С.А.	К.т.н.		

Томск – 2020 г.

В данной работе проведены результаты разработки и модификации детекторов ионизирующего излучения на основе поликристаллического алмаза для измерения светимости и отклонений пучка на Большом Адронном Коллайдере CERN.

Алмазные детекторы ионизирующего излучения в настоящий момент остро необходимы в областях, где использование других материалов исключено по ряду параметров: такие детекторы могут работать при комнатной температуре и не требуют дополнительного охлаждения и как следствие – дополнительной оснастки, детектирующие свойства – не обладают высокой точностью, но при этом - обладают высокой линейностью к дозе облучения, что позволяет определять более высокие дозы, также, как считается, радиационная стойкость таких детекторов кратно выше, чем детекторов из других материалов из-за высокой плотности упаковки атомов кристаллической решётки, а также сложности выбивания атомов из её узлов (Diamond Detectors for Ionizing Radiation, Markus Friedl, 1999). Вопрос применения таких детекторов наиболее актуален в условиях использования в масштабных проектах, где возможное пространство крайне ограничено, а радиационная нагрузка является экстремальной для любых типов детекторов. Одним из самых масштабных примеров таких проектов является Большой Адронный Коллайдер в ЦЕРН, где алмазные детекторы активно изучаются из-за своей перспективности в области измерения экстремально высоких доз при длительном времени и в ограниченном пространстве.

В работе рассматриваются методики создания алмазных детекторов ионизирующего излучения с применением различных технологий модификации поверхности, создания сложной топологии, легированных слоёв и снижения шероховатости.

В рамках работы по созданию сложных топологий поверхности алмаза особый упор делается на технологию выращивания алмазных покрытий с применением предварительного засеивания областей роста нуклеационными

центрами. Также рассмотрено влияние различных концентраций нуклеационных центров в заращаемых областях на процесс роста алмазных плёнок.

Проведено комплексное исследование процессов изменения шероховатости алмазной поверхности в зависимости от типа обработки. Приведены испытания различных методик модификации поверхности с использованием реактивных ионных пучков, плазмы тлеющего разряда в различных средах и режимах.

Приведены данные по созданию высоколегированных алмазных слоёв с применением примесей бора и фосфора в различных концентрациях с достижением проводимости слоя до единиц Ом на см². Проведён анализ этих слоёв с расчётами электрофизических характеристик.

Рассмотрено применение алмазных и сапфировых детекторов в области измерения высокодозного ионизирующего излучения в частности для измерения светимости и отклонений пучка на Большом Адронном Коллайдере в CERN. Проведён сравнительный анализ деградации детекторов их поведения и сравнение различных типов детекторов.

Основные результаты отражены в 10 публикациях, индексируемых базой данной Scopus, апробированы на 14 профильных конференциях, 11 из которых проходили в Европе и США. Также по результатам работы поддержаны грантом РФФИ 19-42-703014 р_мол_а_грант "Изучение фундаментальных основ эффекта деградации объёма алмазных детекторов ионизирующего излучения высоких доз при измерениях светимости пучка на Большом Адронном Коллайдере (CERN)" от 26.12.2018, стипендиями Правительства за 2018 и 2019 года и Фондом Академической Мобильности Михаила Прохорова. По работе получен патент Патент RU 2 656 627C1 "Способ селективного осаждения поликристаллического алмазного покрытия на кремниевые основания" от 06.06.2018.